



Exame de Teoria do Campo

Curso de Física Tecnológica - 2012/2013
Entregar até ao dia 3/6/2013 às 12 horas

Os problema situam-se dentro do Modelo Standard (SM) das interacções fracas e electro-magnéticas. Os acoplamentos estão no livro de texto. Os valores das massas e das larguras que precisar pode encontrar no site do *Particle Data Group* em <http://pdg.lbl.gov/>.

I

Considere o seguinte processo num colisionador linear,

$$e^-(p_1) + e^+(p_2) \rightarrow \nu_\mu(p_3) + \bar{\nu}_\mu(p_4)$$

Despreze as massas de todos os fermiões.

- Utilize a técnica dos *spinor products* para escrever as amplitudes de helicidade do processo.
- Usando as amplitudes de helicidade, calcule a secção eficaz no referencial do centro de massa, para $\sqrt{s} \in [50, 1500]$ GeV. Faça o respectivo gráfico com a secção eficaz em picobarns.

II

Considere o processo $e^-(p_1) + e^+(p_2) \rightarrow H(p_H) + \text{neutrinos}(q_1, q_2)$. Mostre que a secção eficaz diferencial para o processo se pode escrever na forma

$$\frac{d\sigma}{dE_H d\cos\theta} = \frac{G_F^3 m_Z^8 p_H}{\pi^4 \sqrt{2} s^3} (X_s + X_t + X_{st})$$

onde \sqrt{s} é a energia no referencial do centro de massa e E_H , $p_H = \sqrt{E_H^2 - m_H^2}$ e θ são, respectivamente, a energia, o momento linear e o ângulo polar do bóson de Higgs nesse referencial medido em relação à direcção do electrão incidente. Na expressão anterior X_s , X_t e X_{st} são, respectivamente, as contribuições dos diagramas do *canal s*, *canal t* e a sua interferência. Os factores foram escolhidos para que X_s , X_t e X_{st} sejam adimensionais. O canal *s* é aquele em que o electrão e positrão se aniquilam. Considere $m_H = 125$ GeV.

- Utilize o `qgraf` (ou outro método) para determinar os diagramas e os seus sinais relativos.

- b) Determine X_s , X_t e X_{st} .
- c) Definindo, numa notação óbvia, $\sigma_{\text{tot}} = \sigma_s + \sigma_t + \sigma_{st}$ faça um gráfico de $\sigma_{\text{tot}}, \sigma_s, \sigma_t$ para $\sqrt{s} \in [500, 3000]$ GeV, as energias apropriadas para um futuro acelerador linear. Nos gráficos apresente as secções eficazes em *fb*. $1 \text{ fb} = 10^{-15} \text{ barn}$.
- d) Faça um *zoom* para a região $\sqrt{s} \in [150, 400]$ GeV, mostrando $\sigma_{\text{tot}}, \sigma_s, \sigma_t$ e $|\sigma_{st}|$. Explique o andamento das respectivas curvas.

NOTAS

1. Os processos $e^-e^+ \rightarrow H + \nu_e\bar{\nu}_e$, $e^-e^+ \rightarrow H + \nu_\mu\bar{\nu}_\mu$ e $e^-e^+ \rightarrow H + \nu_\tau\bar{\nu}_\tau$, embora **concepcionalmente** distintos e portanto conduzindo a secções eficazes distintas, são na **prática** impossíveis de distinguir com os detectores desta experiência sendo portanto necessário **somar** as secções eficazes para os três processos para comparar com o resultado experimental.
2. Despreze as massas de todos os leptões e a largura do W e Z onde for possível.
3. Não tente fazer analiticamente as integrações para a secção eficaz total, use integrações numéricas.
4. O texto <http://porthos.ist.utl.pt/CTQFT/files/RealExample.pdf> pode ajudar a fazer as integrações de três partículas no estado final, com as adaptações necessárias.